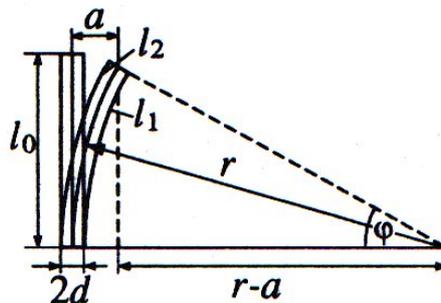


1. Ein dünnwandiger Stahlring (Elastizitätsmodul $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa}$, Zugfestigkeit $\sigma_B = 675 \text{ MPa}$, linearer Ausdehnungskoeffizient $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) soll auf eine Welle von **40 mm** Durchmesser aufgeschraubt werden. Dabei soll die im Ring auftretende Zugspannung den Wert von $0,3\sigma_B$ nicht überschreiten.
- a) Wie groß muss der Innendurchmesser d_0 des kalten Ringes vor dem Aufschrauben mindestens sein?
(Lösung: 3,996 cm)
- b) Wie groß muss die Mindesttemperaturdifferenz zwischen Ring und Welle sein, damit sich ein Ring mit dem in Punkt (a) berechneten Mindestdurchmesser aufschrauben läßt? (Lösung: 82 K)
2. Ein Bimetallstreifen (Länge l_0) besteht aus je zwei **0,5 mm** starken Metallblechen mit den Ausdehnungskoeffizienten $\alpha_1 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und $\alpha_2 = 16 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ bei $0 \text{ }^\circ\text{C}$.



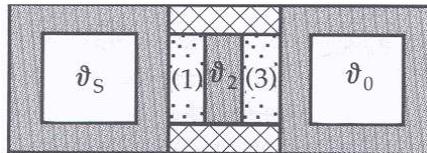
- Wie groß muß l_0 sein, damit bei $100 \text{ }^\circ\text{C}$ seine seitliche Auslenkung am freien Ende **1 mm** beträgt?
(Lösung: 5 cm)

3. Ein leeres Glasgefäß ($\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$) hat die Masse $m_0 = 0,1 \text{ kg}$. Mit Hg gefüllt, hat es bei einer Temperatur von $0 \text{ }^\circ\text{C}$ die Masse $m_1 = 1,431 \text{ kg}$. Wenn wir das Gefäß auf eine Temperatur von $40 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmen, fließt ein Teil des darin enthaltenen Quecksilbers aus, sodaß das Gefäß mit dem darin verbleibenden Quecksilber nur noch **1,423 kg** wiegt. Man berechne daraus den tatsächlichen Volumenausdehnungskoeffizienten von Quecksilber. (Lösung: $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$)

Bitte Seite wenden!

4. Zur Messung der **Wärmeleitfähigkeit** λ_1 einer Keramikplatte wird folgende Anordnung benutzt: Zwischen zwei Kupferbehältern, von denen der eine mit siedendem Wasser (ϑ_s) der andere mit einem Eis/Wasser-Gemisch (ϑ_0) gefüllt ist, befindet sich ein seitlich durch Glaswolle von der Umgebung isolierter Wärmeleiter, der aus drei Schichten gleicher Querschnittsfläche A aufgebaut ist. Diese Schichten sind die zu untersuchende Keramikplatte ($d_1 = 20 \text{ mm}$), ein Kupferblech ($\lambda_2 = 384 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$) auf der Temperatur $\vartheta_2 = 24,3 \text{ }^\circ\text{C}$, sowie eine Porzellanplatte ($d_3 = 12 \text{ mm}$) mit $\lambda_3 = 1,44 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$. Die Wärmeübergangszahl zwischen Kupfer und jedem anderen Material ist $\kappa = 5,5 \text{ kWK}^{-1} \text{ m}^{-2}$.

Hinweis: Die Temperaturdifferenzen an den Übergängen zwischen Wasser und Kupfer können vernachlässigt werden.



- a) Man bestimme λ_1 unter Vernachlässigung der Temperaturdifferenz im Kupferblech.
(Lösung: $0,75 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$)
- b) Das Kupferblech zwischen Keramik- und Porzellanplatte hat die Dicke $d_2 = 2,0 \text{ mm}$. Welche Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ entsteht im Kupferblech, wenn ϑ_2 an der dem Porzellan zugewandten Seite gemessen wird. (Lösung: $0,015 \text{ K}$)
5. Die Luft in einem Raum hat die Temperatur $\vartheta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ und weist eine *relative Feuchtigkeit* von $\varphi_{\text{rel}} = 0,8$ auf, was einem *Taupunkt* von $16,5 \text{ }^\circ\text{C}$ entspricht. Die Wärmeübergangszahl für die *Innenseite* der Wand beträgt $\kappa = 8,14 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-2}$, die *Außentemperatur* ist $\vartheta_a = -15 \text{ }^\circ\text{C}$. Die *Außenwand* hat eine Dicke von 38 cm ($k_w = 1,56 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-2}$). Die Wärmeübergangszahl für die Außenseite ist vernachlässigbar. Um eine **Schwitzwasserbildung** zu vermeiden, soll die Wand durch eine **Heraklithplatte** ($\lambda_H = 0,072 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$) verstärkt werden.
- Man berechne die Dicke der Heraklithplatte! (Lösung: $3,35 \text{ cm}$)
6. Mit einer nach dem **Carnot-Prozeß** laufenden Wärmepumpe soll eine Stadtheizungsanlage auf der Temperatur $\vartheta = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ gehalten werden. Zur Verfügung stehen die elektrische Antriebsleistung $P = 30 \text{ MW}$ und ein Fluß, durch dessen Profil Wasser der Stromstärke $I = 400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ und der Temperatur $\vartheta = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ fließt.
- a) Welche *Wärmemenge* Q_1 wird je Sekunde an die Stadtheizung abgegeben? (Lösung: 141 MJ)
- b) Um wieviel wird der Fluss abgekühlt? (Lösung: $0,066 \text{ K}$)